

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра станков и инструментов

И.Т. Глебов

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Проектирование нагревателя

Методические указания
для практических занятий магистров,
обучающихся по направлению 250300
«Технология лесозаготовительных и
деревобрабатывающих производств»

Екатеринбург
2011

Печатается по рекомендации методической комиссии МТД.
Протокол № 1 от 15 сентября. 2010 г.

Рецензент – доцент кафедры станков и инструментов, канд. техн. наук В.И.
Сулинов

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

Подписано в печать 14.03.11		Поз. 80
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 50 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,16	Цена 6 руб. 80 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Введение

Практические занятия по расчету электрических нагревательных устройств выполняются с целью приобретения умений и навыков выполнения работ по проектированию и эксплуатации прессов для склеивания древесины.

В современных клеильных прессах для нагрева и охлаждения внутри плит делают поперечные каналы, по которым пропускают водяной пар или холодную воду. Для равномерного нагрева и охлаждения каналы в плитах размещают на одинаковом расстоянии друг от друга по всей площади плиты.

Неравномерный нагрев и охлаждение плиты может произойти при образовании пробки в одном из каналов из-за отложения солей (накипи). При отложении накипи уменьшается диаметр канала, и это мешает прохождению воды и пара. Очистку каналов плит от накипи производят ежемесячно путем прокачивания через них в течение 24 часов специальных растворов.

Теплоносителями плит пресса могут быть не только пар, но и перегретая вода, горячее масло. Они являются промежуточным звеном между источником тепла и рабочими плитами пресса. Для их разогрева используются паровые, водяные или масляные котлы. В качестве *энергоносителей* используются мазут, газ, твердое топливо, отходы деревообработки.

Энергоносителем в масляных котлах и электродных парогенераторах является электрический ток (хотя масляные бойлеры могут отапливаться аналогично паровым котлам, электрический ток используется чаще).

Все указанные выше способы нагрева плит в горячих прессах имеют промежуточные теплоносители, увеличивающие затраты на эксплуатацию прессов.

При обогреве рабочих плит электрическими нагревателями потерь на разогрев и транспортирование промежуточных теплоносителей нет.

1. Преимущества электрических нагревателей

Электрический нагрев плит пресса имеет ряд преимуществ перед другими видами нагрева:

1. За счет уменьшения энергопотребления на разогрев и поддержание рабочей температуры при многократном разогреве-охлаждении плит снижаются затраты на энергоносители (нет потерь на нагрев промежуточных теплоносителей, уменьшенная масса нагревательных плит, высокий КПД применяемых электронагревателей).

2. Исключается взрывоопасность конструкции (нет паровых котлов, работающих под высоким давлением, и масляных бойлеров, разогретых выше температуры вспышки масла).

3. Повышается экологическая чистота производства, исключаются затраты на поддержание экологической безопасности (отсутствие котельных, выбросов пара и течи масла).

4. Повышается надежность и долговечность пресса, упрощается его обслуживание и эксплуатация (нет постоянно корродирующих трубопроводов и рециркуляционных насосов, работающих при высоких температурах, отсутствуют каналы, периодически засоряющиеся накипью и продуктами коксования масла).

5. Обеспечивается независимое регулирование температуры каждой нагревательной плиты.

6. Появляется перспектива полного отказа от использования паровых котельных на предприятии для технологических целей и затрат, связанных с их эксплуатацией. Паровые котельные должны использоваться только для обогрева зданий и цехов в период отопительного сезона.

2. Классификация нагревательных устройств

Интенсификация процесса склеивания деревянных заготовок может быть достигнута путем нагрева клеевых слоев. При температуре клеевого слоя 120...130°C его отверждение завершается за несколько минут. Поэтому в настоящее время уделяется большое внимание разработке простых и надежных в работе способов нагрева клеевых слоев.

Известные способы нагрева и реализующие их устройства можно разделить по месту подвода тепла к склеиваемым деталям на три класса: с внешним нагревом, внутренним нагревом и местным предварительным нагревом (рис. 1).

При внешнем нагреве тепло подводится к клеевому слою извне через толщу заготовки. Перенос энергии от внешней горячей поверхности к склеиваемой осуществляется теплопроводностью. При этом удельный тепловой поток, т.е. количество теплоты, переносимое в единицу времени через единицу поверхности в направлении нормали к ней,

$$q = \frac{K}{d}(T_1 - T_2), \quad (1)$$

где q – удельный тепловой поток;

K – коэффициент теплопроводности приклеиваемой заготовки;

d – толщина указанной заготовки;

T_1, T_2 – температура соответственно внешней и приклеиваемой поверхностей заготовки.

Чем больше величина удельного теплового потока, тем быстрее можно прогреть клеевой слой. Поэтому наибольшая эффективность такого способа прогрева, как следует из уравнения (1), достигается при переносе теплоты через тонкую приклеиваемую заготовку, особенно если материал заготовки имеет большой коэффициент теплопроводности. Известно, что древесина, бумага, картон, как и другие пористые материалы, плохо проводят тепло.

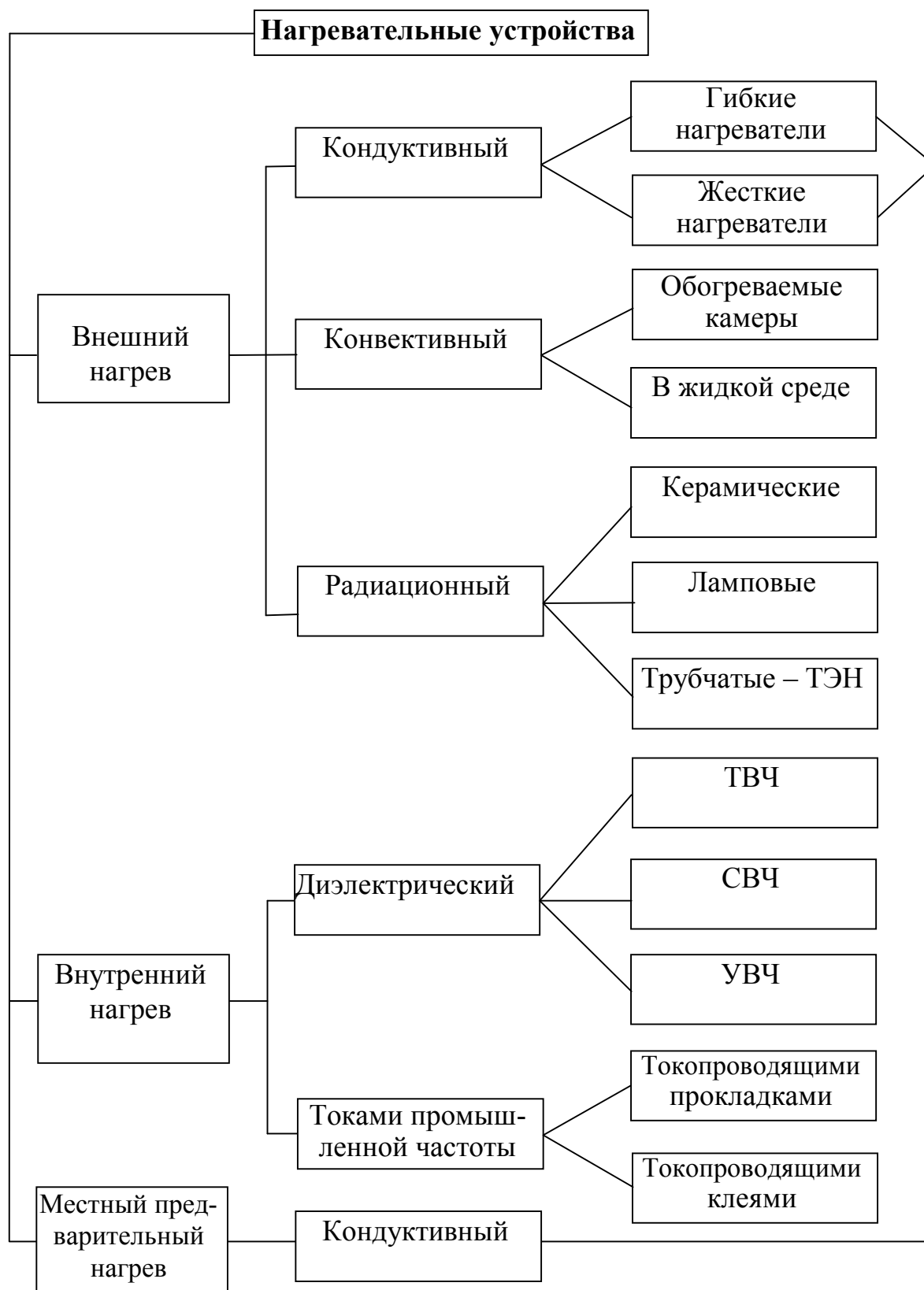


Рис. 1. Схема классификации нагревательных устройств

Измельченные древесные материалы проводят тепло еще хуже. Например, сосновые опилки имеют коэффициент теплопроводности в 3,7 раза меньше, чем цельная древесина сосны. При внешнем нагреве тепло подводится к наружной поверхности склеиваемых заготовок кондуктивным, конвективным и радиационным способами.

Кондуктивный, или контактный нагрев осуществляется с помощью гибких или жестких нагревателей, находящихся в плотном контакте с внешней поверхностью склеиваемой заготовки. Этот способ широко применяется для склеивания фанеры, древесностружечных и столярных плит, облицовывания заготовок и в других подобных случаях, когда толщина прогреваемого слоя древесины не превышает 15...20 мм.

При конвекции тепло переносится к поверхности склеиваемой заготовки струями газа или жидкости, которые двигаются относительно заготовки естественным или принудительным путем.

Такой способ нашел практическое применение для ускорения процесса склеивания деревянных конструкций. Осуществляется он в камерах, в которых циркулирует горячий воздух. Главным достоинством этого способа является простота и доступность. Продолжительность выдержки конструкций в запрессованном состоянии сокращается по сравнению с холодным способом склеивания в 4...6 раз. Однако достигаемое ускорение склеивания в значительной степени зависит от размеров сечений склеиваемых пакетов. Кроме того, конвективные камеры обладают большой инерционностью, что приводит в случае применения линий к неоправданным их простоям.

Конвективный нагрев в жидкостях обычно сочетают с пропиткой склеиваемой конструкции. При этом необходимо только обеспечить высокое давление прессования с целью исключения попадания антисептика в клеевые слои и возникновения непрочности.

Конвективный способ теплообмена обеспечивает в основном прогрев наружных зон склеиваемых элементов. Внутренние участки клеевых слоев отверждаются после распрессовки при дальнейшей выдержке конструкции при нормальной температуре.

Радиационное, или инфракрасное излучение электромагнитных волн нагревателями осуществляется за счет преобразования энергии теплового движения молекул нагревателя в энергию излучения. Инфракрасный диапазон волн расположен между видимым и радиодиапазонами и занимает область от 0,75 до 750 мкм. Излучаемая тепловая энергия, попадая на склеиваемые заготовки, частично поглощается ими, разогревая их поверхности. Эффективность нагрева зависит от правильности сочетания оптических свойств излучателя и облучаемого материала. В качестве нагревателей при этом способе подвода тепла применяют ламповые, керамические и трубчатые электронагреватели. Светящиеся нагреватели называют еще коротковолновыми, а темные – длинноволновыми инфракрасными нагревателями.

Радиационный способ подвода тепла обеспечивает только наружный прогрев клеевых слоев и ускоренное склеивание в прогретой зоне. Для придания склеиваемой конструкции транспортной прочности достаточно 10...20 минут облучения. Для полного отверждения клеевых слоев по всей площади крупномерных конструкций этот способ практически неприемлем.

Нагревательные установки класса внутреннего нагрева генерируют тепло внутри изделия в момент склеивания. Принцип их нагрева основан на диэлектрическом нагреве клеевого слоя в поле токов высокой частоты, а также на пропускании электрического тока промышленной частоты непосредственно через клеевой слой. Применение таких установок позволяет в десятки раз ускорить процесс отверждения клея. Скорость нагрева в данном случае не зависит от размеров и теплофизических свойств склеиваемого материала. Количество генерируемого тепла определяется только физико-химическими и электрическими свойствами клея.

В нагревательных установках с местным предварительным нагревом одной или двух склеиваемых поверхностей используются кондуктивные гибкие или жесткие нагреватели. Последние, находясь в плотном контакте с заготовками, аккумулируют в поверхностных слоях древесины тепло. После накопления тепла холодную или обе горячие склеиваемые поверхности древесины смазывают клеем и производят запрессовку.

3. Нагреватели

3.1. Гибкие контактные нагреватели

Нагреватели выполняются в виде **гибких металлических лент**, которые подсоединяют к источнику электрического тока промышленной частоты напряжением 1...12 В с целью разогрева их до температуры около 150°C. Применяются они в ваймах для облицовывания кромок мебельных щитов и всевозможных деталей сложной геометрической формы.

Гибкий электрический нагреватель выполняется в виде ленты 3 (рис. 2) толщиной 0,1...0,5 мм из латуни, углеродистой нержавеющей или трансформаторной стали. По краям к ленте с помощью болтов 2 прижаты подводящие провода 1 и медные пластины 4.

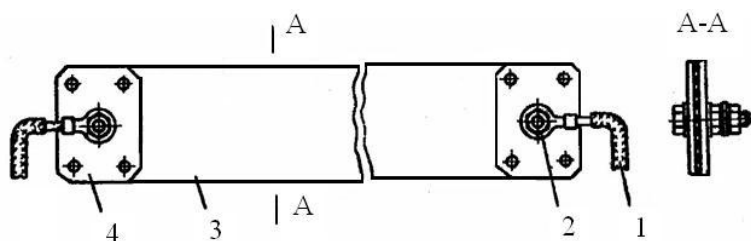


Рис. 2. Электронагреватель гибкий из сплошной ленты

В вайме нагревательная лента крепится к деревянным брускам, при этом под нее подкладывают теплоизоляционный слой, состоящий из четырех прокладок: паронита, листового асбеста, резины и хлопчатобумажной ткани.

Характеристики материалов применяемых нагревательных лент приведены в табл. 1.

Расчет нагревателя начинают с определения потребной мощности по формуле:

$$P = 10^{-6} \omega F, \quad (2)$$

где P – мощность нагревателя, кВт;

ω – удельная поверхностная мощность, кВт/м²;

F – площадь поверхности нагревателя, $F = BL$, где B и L – соответственно ширина и длина нагревателя, мм.

Таблица 1

Материал лент нагревателей и его показатели

Материал	Марка	ГОСТ	Удельное электрическое сопротивление ρ , Ом·мм ² /м	Температурный коэффициент сопротивления α , 1/°C
Сталь прокатная тонколистовая	Ст.1; 08; 10	19903-74	0,103...0,14	0,005
Сталь нержавеющая	1X13; 2X13; 3X13; 4X13	5582-74 4986-70	0,8...1,1	0,0008
Лента высокого омического сопротивления толщиной 0,9...3,0 мм	X15H60	12766-77	1,11	0,00014
	X20H80		1,10	0,00008
	1X17Ю5		1,30	0,00006
	0X17Ю5		1,30	0,00006
Латунь	Л68		0,071	0,001
	Л68		0,071	0,001
Бронза оловянофосфористая	Бр 0Ф 6,5-0,15	1761-78	0,12...0,20	0,00013

Установленная мощность нагревателя

$$P_y = kP,$$

где k – коэффициент запаса ($k = 1,2...1,5$), учитывающий старение нагревательного элемента, приводящее к повышению удельного сопро-

тивления, старению изоляционных материалов, что увеличивает тепловые потери.

Значения удельной поверхностной мощности принимаются с учетом того, что температура на поверхности гибкого нагревателя должна равняться 150°C, а также в зависимости от соотношения $m = L/B$:

$m \dots$	1...1,5	1,6...2,0	2,1...2,5	2,6...3,0	3,1...3,5	3,6...4,0	> 4,1
$\omega \dots$	3,0	3,3	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0

При конструировании нагревателя его расчетные размеры L и B берут больше склеиваемой поверхности соответственно по длине на 60 мм и по ширине на 16 мм. Предельная ширина нагревателя из сплошной ленты изменяется от 40 мм до 285 мм. Чем больше удельное электрическое сопротивление материала ленты и чем тоньше лента, тем больше должна быть ширина нагревателя.

Удельное электрическое сопротивление ленты нагревателя при рабочей температуре определяется по формуле:

$$\rho_t = \rho[1 + \alpha(t_2 - t_1)], \quad (3)$$

где ρ_t и ρ – удельное электрическое сопротивление ленты при температурах соответственно рабочей и 20°C, Ом·мм²/м;

α – температурный коэффициент сопротивления;

t_2 и t_1 – соответственно температура нагревателя и окружающей среды, °C.

Принимая $t_2 = 150^\circ\text{C}$ и $t_1 = 20^\circ\text{C}$, получим

$$\rho_t = \rho(1 + 130\alpha). \quad (4)$$

Сопротивление ленты нагревателя при рабочей температуре

$$R_t = 10^{-3} \rho_t L / (Bh), \quad (5)$$

где R_t – сопротивление ленты, Ом; h – толщина ленты, мм.

Рабочее напряжение на зажимах нагревателя, В,

$$U_t = \sqrt{1000 P R_t}. \quad (6)$$

Сила тока при рабочем режиме, А,

$$I_t = B \sqrt{\omega h / \rho_t}. \quad (7)$$

Из этого уравнения следует, что с увеличением толщины и особенно ширины ленты, а также с уменьшением ее удельного электрического сопротивления сила тока возрастает. С повышением силы тока увеличивается сечение подводющих кабелей и медных жил вторичной обмотки понижаю-

щего трансформатора. В связи с этим сила тока в ленте не должна превышать 250 А.

При проектировании широкого ленточного нагревателя сила тока не должна превосходить допустимую величину. Для этого нагревательный

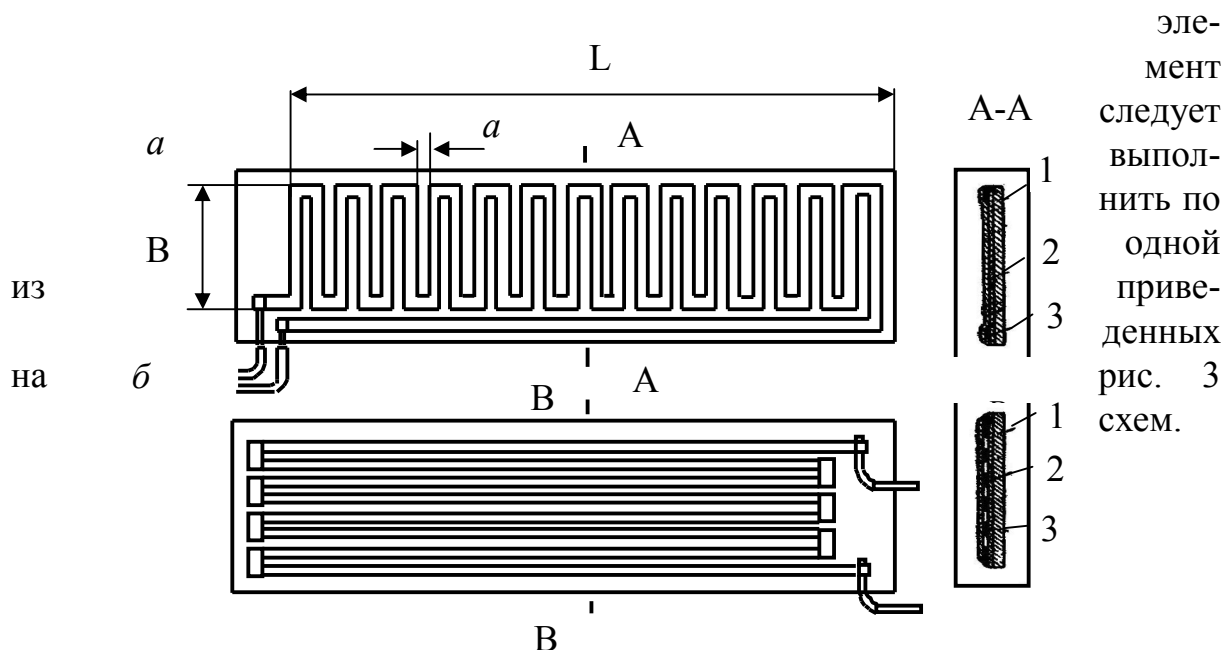


Рис. 3. Широкие сборные электронагреватели:

a – с поперечным расположением лент;

б – с продольным расположением лент

Задача решается путем уменьшения сечения токопроводящей ленты и увеличения ее длины. Нагревательную ленту 3 наклеивают эпоксидным клеем на электроизоляционную полосу 2 из стеклоткани и сверху обклеивают такой же полосой, а затем облицовывают дюралюминиевым листом толщиной 0,3...0,5 мм.

Полученную полосу кладут нижней плоскостью на асбестовую и резиновую прокладки и крепят к деревянной опорной поверхности ваймы.

Расчет широколенточного нагревателя. При расчете такого нагревателя сначала определяют его мощность по формуле (2). Затем находят электрическое сопротивление змейки по формуле:

$$R_t = U_t^2 / (10^3 P). \quad (8)$$

Рабочее напряжение на зажимах нагревателя $U_t = 1 \dots 12$ В.

Сила тока в цепи при рабочем режиме

$$I_t = 10^3 P / U_t. \quad (9)$$

Определив удельное электрическое сопротивление по формуле (3) и приняв ее ширину $b = 10 \dots 30$ мм, найдем длину ленты l , мм:

$$l = 10^3 R_t h b / \rho_t . \quad (10)$$

Количество витков змейки

$$n = L / (a + b) , \quad (11)$$

где a – расстояние между смежными витками, мм.

Из рис. 3, a следует, что длина змейки

$$l = B(n + 1) + na . \quad (12)$$

Решив совместно уравнения (11) и (12), получим

$$a = [B(L + b) - bl] / (l - L - B) . \quad (13)$$

Расстояние между смежными витками должно быть не менее 2 мм.

Нагреватели гибкие в оболочке. Современные предприятия выпускают гибкие нагреватели как законченный готовый продукт. Например, Первый электронный завод (г. Санкт-Петербург) выпускает электрические нагреватели гибкие ленточные марки ЭНГЛ-1, которые выполнены из плетеной ленты из стеклонити. Внутри ленты лежит 8 нагревательных жил из нихрома. Лента покрыта водонепроницаемой оболочкой из кремнийорганической резины. Концевые опрессовки выполнены из такой же резины. Ширина ленты 24 мм, толщина 3,3 мм, минимальный радиус изгиба ленты 10 мм (табл. 2).

Предельная рабочая температура ленты ограничивается материалом оболочки, так для полиэтиленовой оболочки максимальная температура равна 65°C, силиконовой – 180°C, стекловолоконной – 400°C.

Таблица 2

Характеристика ЭНГЛ-1

Длина	Удельная мощность Вт/м	Номинальная мощность кВт	t °C ленты на поверхности
1,2	96	0,11	180
1,3	82	0,1	145
1,5	61,5	0,09	110
2,61	100	0,26	180
2,92	80	0,23	145
3,37	60	0,20	110
5,22	100	0,52	180
5,84	80	0,46	145
6,74	60	0,40	110
10,44	100	1,04	180
11,68	80	0,92	145
13,48	60	0,80	110
20,88	100	2,08	180

ЗАО «Град-Технолоджи» выпускает гибкие силиконовые нагреватели размером 130×45 мм, мощностью 180 Вт, напряжение питания 220 В. Нагреватели рекомендуется смонтировать набором на алюминиевой пластине при помощи красного автомобильного герметика и подключить к источнику электропитания при последовательном соединении.

3.2. Жесткие контактные нагреватели

Нагреватели выполняются в виде плоских и профильных плит прессов и утюжков.

Часто в качестве нагревательного элемента используют трубчатые электрические нагреватели (ТЭН) 2, уложенные в пазах корпуса плиты 3 и закрытых пластиной 1 (рис. 4).

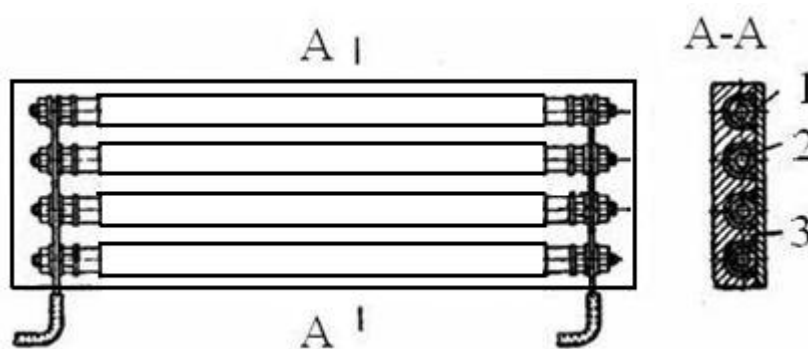


Рис. 4. Жесткий нагреватель

3.3. Трубчатые электрические нагреватели

Трубчатые электрические нагреватели (ТЭН) получили широкое распространение в жестких контактных нагревателях, в установках радиационного (длинноволнового лучевого) обогрева, а также для нагрева воздуха, жидкостей и клеев-расплавов. ТЭН представляют собой трубчатую металлическую оболочку 4, внутри которой находится нагревательная спираль 5, запрессованная в специальном наполнителе 6 – плавленной окиси магния (рис 5).

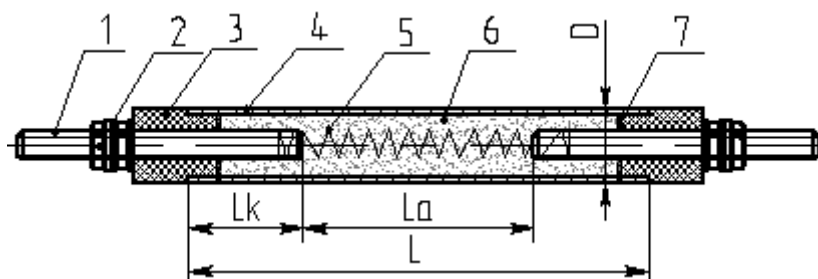


Рис. 5. Трубчатый электрический нагреватель (ТЭН)

Спираль 5 герметично заделана в трубку 4 изоляторами 3 и герметиком 7 и подсоединена концами к контактными стержням 1 с шайбами и гайками 2. На рисунке показаны: D – диаметр оболочки, L – развернутая длина оболочки, L_k – заделка контактного стержня, L_a – активная длина ТЭН. Поверхность трубчатой оболочки ТЭН на длине L_a называется **активной поверхностью ТЭН**.

Нагревательная спираль делается из проволоки диаметром 0,2...1,6 мм из сплава Х20Н80 и Х15Н60. Внешняя трубка выполняется из стали 10 или Х18Н10Т, меди, латуни, алюминия. ТЭН можно согнуть в любую форму в холодном состоянии при условии, что радиус гибки будет меньше 2,5 диаметра трубки. При этом спираль сохранит свое положение по оси внешней трубки.

Наполнитель ТЭН обеспечивает надежную электроизоляцию и имеет большую теплопроводность.

По сравнению с другими нагревателями ТЭН имеет значительные преимущества. Он прост по конструкции, поверхность его не находится под электрическим напряжением. Нагревательная спираль, герметично запрессованная в наполнителе, имеет малый диаметр проволоки и значительный срок службы.

В соответствии с ГОСТ 13268-74 ТЭН изготавливают на напряжения 12; 24; 36; 48; 55; 60; 110; 127; 220; 380 В и номинальные мощности 50; 60; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 3500; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12000; 12500; 16000; 20000; 25000 Вт с развернутой длиной 0,25; 0,30; 0,35; 0,42; 0,50; 0,60; 0,70; 0,78; 0,85; 1,00; 1,20; 1,40; 1,70; 2,00; 2,40; 2,80; 3,50; 4,00; 4,75; 5,60; 6,30 м. Номинальные диаметры ТЭН: 8; 9,5; 10; 12,5; 13; 16 мм.

ТЭН выбирают применительно к конкретной нагреваемой среде (табл. 3). Форма ТЭН может быть разнообразной (рис. 6).

Расчет нагревательного устройства с использованием ТЭН ведут следующим образом. По выражению (1) находят требуемую, а затем установленную мощность. С учетом условий работы ТЭН (табл. 3) определяют минимально допустимую для нагрева площадь поверхности ТЭН, м^2 :

$$F_{\min} = P_y / W_{\text{доп.}}$$

Активная площадь поверхности выбранного одного ТЭН, м^2 :

$$F_{\text{нагр}} = \pi d l_{\text{акт}} \cdot 10^{-3},$$

где d – диаметр ТЭН, мм;

$l_{\text{акт}}$ – активная длина ТЭН, м.

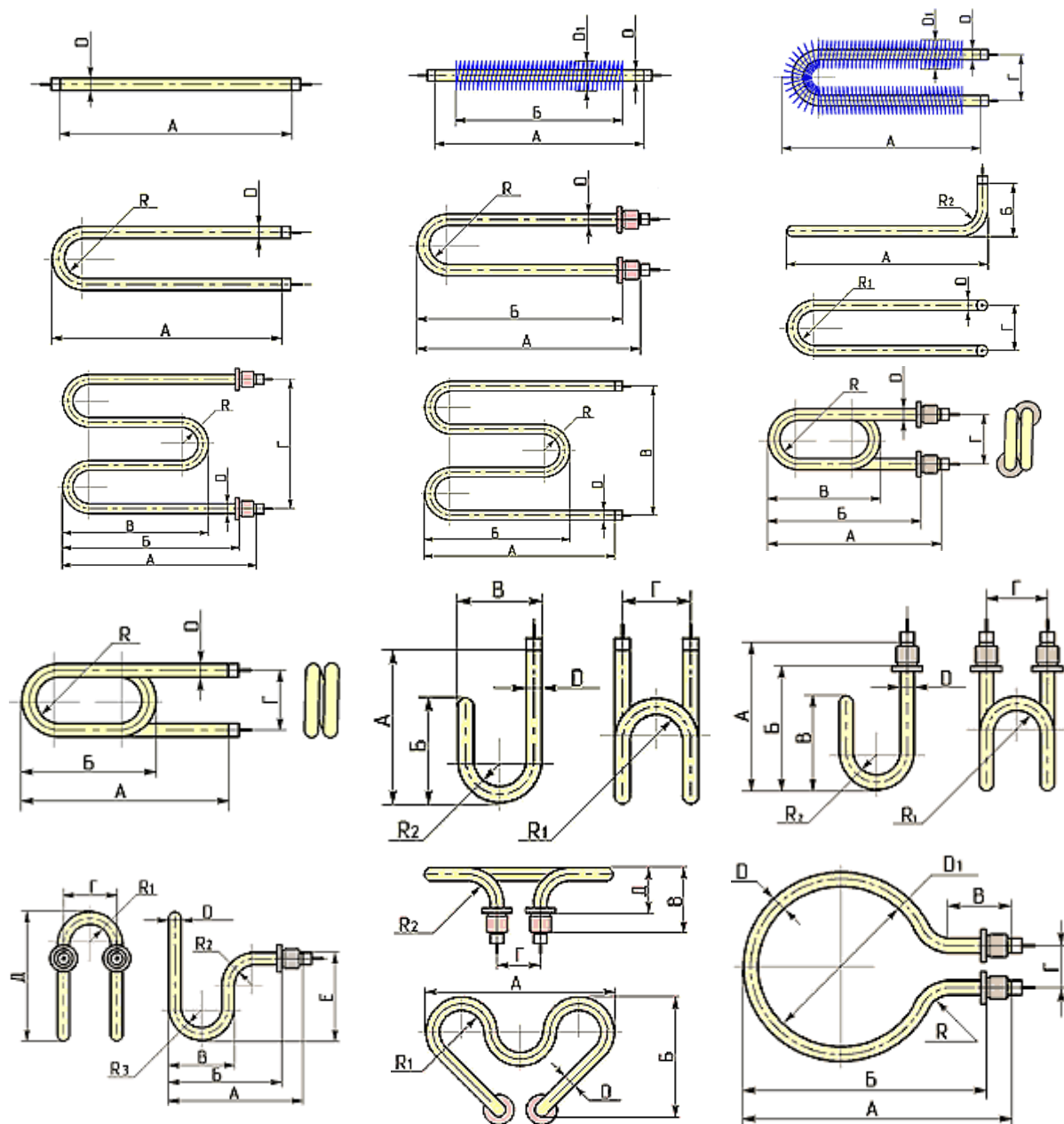
Минимальное количество ТЭН

$$n = F_{\min} / F_{\text{нагр.}} \quad (14)$$

Возможен и такой путь:

$$n = P_y / P_{\text{нагр.}}, \quad (15)$$

где $P_{\text{нагр}}$ – мощность одного выбранного ТЭН.



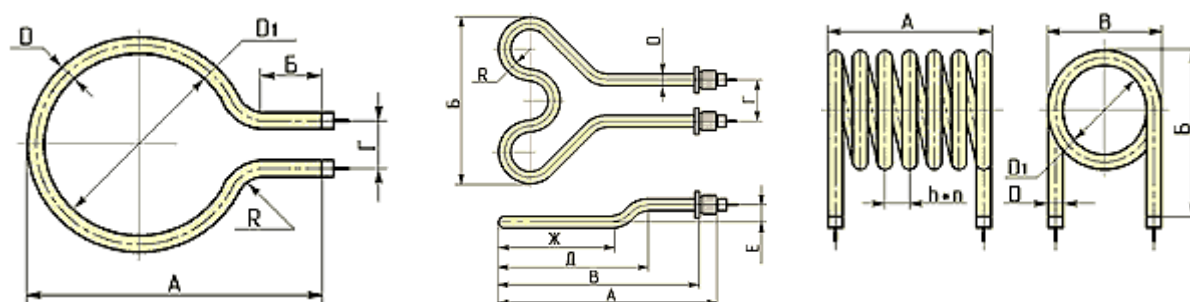


Рис. 6. Формы ТЭН

Таблица 3

Условия работы ТЭН

Удельная поверх- ностн. мощн. $W_{\text{доп}}$, 10^4 Вт/м^2 , не более	Нагре- ваемая среда	Обозна- чение обогре- ваемой среды	Характер нагрева	Материал оболочки
7 11 11 5	Вода, слабый раствор щелочей и кислот	Х П Р Ю	Нагревание, кипение	Медь, латунь Сталь Х18Н10Т Сталь 10; 20 Алюминий
2,2 5,0 5,5 6,5 25 5,1	Воздух, газы	С Т О К Э Н	Спокойная среда при 450°С на оболочке ТЭН Спокойная среда при 450...700°С на оболочке ТЭН Скорость воздуха > 6 м/с при 450°С на оболочке ТЭН То же при 450...600°С на оболочке ТЭН То же при 450°С То же при 450...650°С на оболочке ТЭН	Сталь 10; 20 Сталь Х18Н10Т Сталь 10; 20 Сталь Х18Н10Т Сталь 10; 20 Сталь Х18Н10Т
8	Метал- лические формы	М	ТЭН залиты в алюминий, на- грев до 200 °С	Сталь 10; 20

Условные обозначения ТЭН. По ГОСТ 13268-74 ТЭН имеют дробное обозначение. В числителе указывают развернутую длину ТЭН, см; бук-

венное обозначение длины контактного стержня; диаметр ТЭН, мм. В знаменателе указывают номинальную мощность ТЭН, кВт; буквенное обозначение нагреваемой среды; номинальное напряжение, В.

Пример: ТЭН-25А8/0,8С127, ГОСТ 13268-74.

Длина контактного стержня обозначается следующим образом:

Обозначения	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Длина стержня, мм	40	65	100	125	160	250	400	630

Применение ТЭН в плитах прессов. С целью замены парового и масляного обогрева плит пресса на электрический обогрев Научно-производственное предприятие ОДО «Номакон» (Общество с дополнительной ответственностью) выпускает плиты для гидравлических прессов. Максимальный размер плит 5000 мм × 2000 мм (рис. 7).

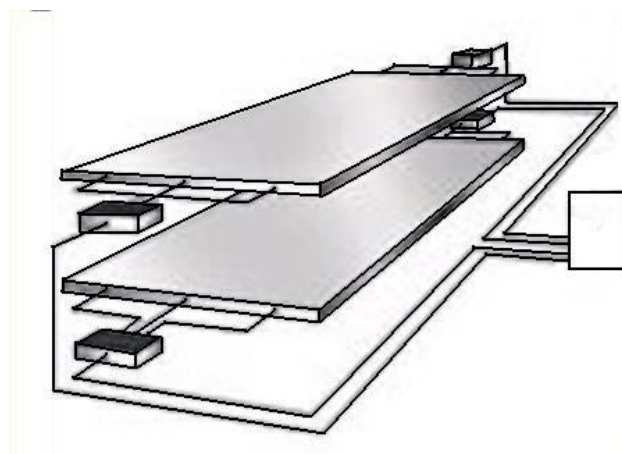


Рис. 7. Обогреваемые плиты ОДО «Номакон» для пресса

Плиты стальные или из алюминиевых сплавов электрические с нагревательной системой на основе керамики-полимероуглеродной композиции. Электронагревательные плиты из алюминиевых сплавов позволяют сократить энергопотребление на разогрев плит, уменьшается их толщина и стоимость. По механической прочности каленые алюминиевые сплавы практически не уступают стали.

Нагревательным элементом плит служат ТЭНы, которые не только вставлены в каналы плит, но и залиты керамики-полимероуглеродным композиционным материалом, который устраняет воздушные зазоры между ТЭН и плитой и повышает теплопроводность.

3.4. Радиационные нагреватели

Принцип работы радиационных нагревателей основан на способности излучать инфракрасные (ИК) лучи теплыми телами и поглощать их другими более холодными телами. ИК-излучение есть результат движения молекул вещества, т.е. тепловое излучение. Лучистый теплообмен сопро-

возможен двойным превращением энергии – тепловой в лучистую, а затем лучистой в тепловую. В результате лучистого теплообмена тепло передается от более нагретого тела к менее теплому.

Для нагрева используют ИК-лучи с длиной волны от 0,75 до 400 мкм. Коротковолновые ИК-излучатели называют светящимися, а длинноволновые – темными излучателями.

ИК-лучи проникают в древесину на глубину до 2 мм в зависимости от ее породы и влажности. Они несут с собой тепловую энергию, передавая ее нагреваемой древесине.

На рис. 8 показано нагревательное устройство радиационного типа, выполненное в виде панели. Характерной деталью подобных нагревателей является отражательный экран 1 из листа алюминия или оцинкованного железа. Перед экраном расположен источник излучения 2 в виде ТЭН. Благодаря экрану большая часть теплового потока направляется в сторону нагреваемой поверхности. Для уменьшения тепловых потерь на задней стенке панели положен теплоизоляционный слой 3, защищенный корпусом 4. Для безопасности обслуживания излучательная панель закрыта защитной сеткой 5.

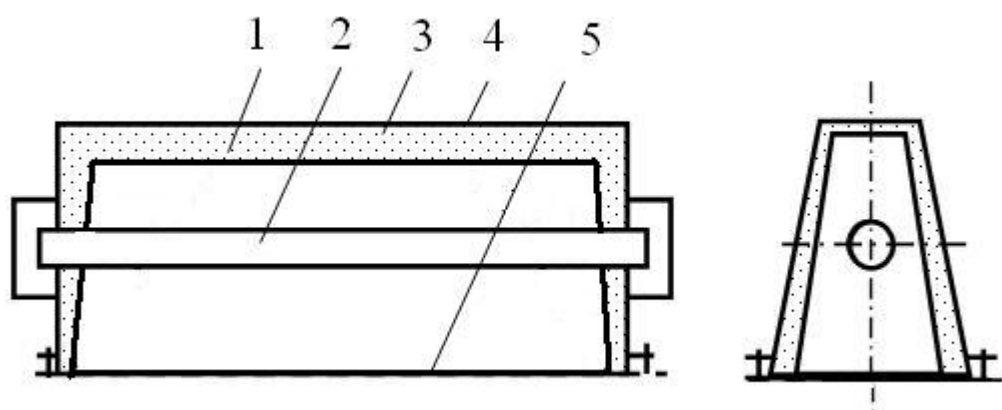


Рис. 8. Излучательная панель с ТЭН

С увеличением температуры излучателя тепловой поток возрастает. Особенно эффективно протекает процесс теплового излучения при температуре нагревательного тела 400°C.

На практике используют ТЭН с температурой на поверхности 300...700°C. Ресурс таких устройств, относящихся к группе темных излучателей, доведен до 20000 часов.

Предельно допустимая удельная поверхностная мощность при передаче тепла излучением для идеального нагревателя, т.е. нагревателя, работающего без тепловых потерь, может быть найдена по следующему выражению, Вт/м²:

$$W_{\text{доп}} = \frac{5,7[(T_{\text{нагр. макс.}}/100)^4 - (T_{\text{изд}}/100)^4]}{[1/\varepsilon_{\text{изд}} + F_{\text{изд}}/F_{\text{ст}}(1/\varepsilon_{\text{нагр}} - 1)]}, \quad (16)$$

где $T_{\text{нагр. макс.}}$ и $T_{\text{изд}}$ - температуры нагревателя и изделия, К;
 $\varepsilon_{\text{нагр}}$ и $\varepsilon_{\text{изд}}$ - относительные коэффициенты лучеиспускания материалов нагревателя и изделия соответственно (табл. 4);
 $F_{\text{изд}}$ - тепловоспринимающая площадь поверхности изделия, м²;
 $F_{\text{ст}}$ - площадь поверхности стены, занятой нагревателями, м².
Площадь поверхности нагревательных элементов (ТЭН, проволоки нагревательной спирали), м²:

$$F \geq P_{\text{нагр}} / W_{\text{доп}}. \quad (17)$$

Таблица 4

Относительный коэффициент лучеиспускания ε
для некоторых материалов

Материал	Параметр	
	T, °C	ε
Алюминий полированный	50...500	0,04...0,06
Алюминий с шероховатой поверхностью	20...50	0,06...0,07
Железо листовое, оцинкованное	20	0,28
Нихромовая проволока чистая	500...1000	0,71...0,80
Нихромовая проволока окисленная	50...500	0,95...0,98
Нихромовая проволока окисленная	750...1100	0,52...0,61
Сталь шлифованная или полированная	50	0,56
Сталь, листовой прокат	50	0,95...0,98
Сталь с шероховатой плоской поверхностью	20	0,96
Асбестовый картон	40...400	0,94...0,93
Асбестовая бумага	20	0,8...0,9
Гипс	20	0,8...0,9
Древесина строганая	40...100	0,8...0,95
Лак белый	100	0,92...0,96
Масляные краски различных цветов	20	0,95
Резина твердая		

Пример. Рассчитать радиационный нагреватель на базе ТЭН для обогрева деревянных склеиваемых поверхностей размерами $L = 1000$ мм, $B = 600$ мм. $F_{\text{изд}} / F_{\text{ст}} = 0,9$. Температура изделия $t_{\text{изд}} = 150^\circ\text{C}$, нагревателя $t_{\text{нагр}} = 450^\circ\text{C}$; $\varepsilon_{\text{нагр}} = 0,56$; $\varepsilon_{\text{изд}} = 0,8$.

Решение. Отношение $m = L/B = 1000/600 = 1,7$. Удельная поверхностная мощность нагревателя $\omega = 3,3 \text{ кВт/м}^2$. Мощность нагревателя $P = 10^{-6} \omega BL = 10^{-6} \cdot 3,3 \cdot 600 \cdot 1000 = 1,98 \text{ кВт}$. Установленная мощность $P_y = 1,98 \cdot 1,3 = 2,57 \text{ кВт}$. Предельно допустимая удельная поверхностная мощность

$$W_{\text{доп}} = \frac{5,7[((450 + 273)/100)^4 - ((150 + 273)/100)^4]}{[1/0,8 + 0,9(1/0,56 - 1)]} = 2,532 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2.$$

Площадь поверхности ТЭН, м^2 :

$$F \geq P_y/W_{\text{доп}} \geq 2,57 \cdot 10^3 / 2,532 \cdot 10^4 \geq 0,1 \text{ м}^2.$$

Выбираем ТЭН-100Б8/0,63С220, ГОСТ 13268-74. Поверхность одного ТЭН: $F_1 = \pi dL = 3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 0,02512 \text{ м}^2$. Необходимое количество ТЭН: $n = F/F_1 = 0,1/0,02512 = 4$.

Вывод. На панели с размерами $600 \times 1000 \text{ мм}^2$ рекомендуется равномерно разместить 4 ТЭН длиной 1000 мм, диаметром 8 мм и подключить их параллельно к источнику переменного тока напряжением 220 В.

В качестве тепловых ИК-излучателей используют также кварцевые трубчатые нагреватели мощностью до 2,5 кВт, позволяющие создавать интенсивность излучения до 62 кВт/м^2 , а в кратковременном режиме – до 1600 кВт/м^2 . Они малоинерционные и удобны для прерывистой подачи энергии.

Для нагрева применяют также лампы накаливания с параболическими посеребрёнными колбами мощностью 250...500 Вт.

4. Задания

Выполнить проект нагревательного устройства для ускорения процесса склеивания древесины. Используя научно-техническую информацию (патенты, Интернет и др.), выбрать технологическую схему нагревателя. В РПЗ вычертить компоновочную схему нагревателя с указанием размеров, описать конструкцию и порядок работы. Выполнить расчет параметров нагревателя, составить программу расчета в Excel.

Исходные данные принимаются из таблицы по номеру варианта (номер варианта задания соответствует номеру фамилии в журнале преподавателя).

Расчетно-пояснительную записку выполнить в соответствии с требованиями стандарта предприятия УГЛТУ СТПЗ-2001.

Исходные данные для проектирования быстроходного смесителя

№ варианта	Тип нагревателя	Размеры: длина× ширина, мм	Температура, °С	
			изделия	нагревателя
1	Гибкий	1000×40	-	140
2	Гибкий	1200×50	-	140
3	Гибкий	1500×60	-	140
4	Гибкий	1700×80	-	150

5	Гибкий	1850×100	-	150
6	Гибкий	2000×500	-	150
7	Гибкий	1850×400	-	150
8	Гибкий	1700×350	-	140
9	Гибкий	1500×300	-	140
10	Гибкий	1250×250	-	140
11	Жесткий	2550×1350	-	150
12	Жесткий	2650×1750	-	150
13	Жесткий	3300×1700	-	140
14	Жесткий	2680×1350	-	140
15	Жесткий	2000×1000	-	140
16	Жесткий	2500×1550	-	150
17	Жесткий	1800×7500	-	150
18	Радиационный	2550×400	150	400
19	Радиационный	3300×300	150	450
20	Радиационный	2680×250	140	500
21	Радиационный	2000×400	140	550
22	Радиационный	2500×180	150	600
23	Радиационный	1800×500	150	650
24	Радиационный	1500×450	140	700
25	Радиационный	1250×600	140	450

Литература

Глебов И.Т., Новоселов В.Г. Оборудование для склеивания древесины. Екатеринбург: УГЛТУ, 2000. – 142 с.

Оглавление

Введение	3
1. Преимущества электрических нагревателей.....	3
2. Классификация нагревательных устройств	4
3. Нагреватели	7
3.1. Гибкие контактные нагреватели	7
3.2. Жесткие контактные нагреватели.....	12
3.3. Трубчатые электрические нагреватели	12
3.4. Радиационные нагреватели	16
4. Задания.....	19



И.Т. Глебов

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Проектирование нагревателя

Екатеринбург
2011